



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA - DECO**

CAMILLA SANTOS ALMEIDA

**EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO DE HABITATS
SOBRE COMUNIDADES DE CUPINS (INSECTA:
ISOPTERA)**

São Cristóvão

2014



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DA SAÚDE
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA - DECO**

CAMILLA SANTOS ALMEIDA

**EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO DE HABITATS
SOBRE COMUNIDADES DE CUPINS (INSECTA:
ISOPTERA)**

Orientadora

Prof. Dra. Ana Paula Albano Araújo

Trabalho de conclusão de curso
apresentado ao Departamento de Ecologia
da Universidade Federal de Sergipe como
parte dos requisitos para obtenção do título
de Bacharel em Ecologia.

São Cristóvão

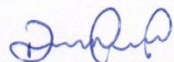
2014

Camilla Santos Almeida

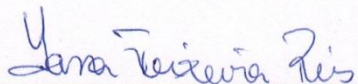
**EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO DE HABITATS SOBRE COMUNIDADES DE
CUPINS (INSECTA: ISOPTERA)**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Sergipe, como parte das exigências do Bacharelado em Ecologia, para obtenção do título de “Bacharel em Ecologia”.

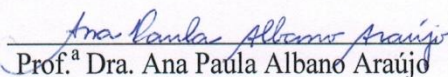
APROVADA: em 13 de fevereiro de 2014.



Prof.^a Dra. Daniela Faria Florencio
UFSC



Prof.^a Dra. Yana Teixeira dos Reis
UFS



Prof.^a Dra. Ana Paula Albano Araújo
Universidade Federal de Sergipe
(Orientadora)

SÃO CRISTÓVÃO
SERGIPE – BRASIL
2014

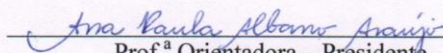


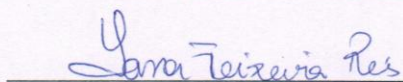
SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CONSELHO DO ENSINO, DA PESQUISA E DA EXTENSÃO
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

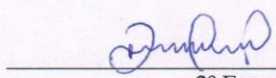
ATA DA SESSÃO DE APRESENTAÇÃO DA MONOGRAFIA

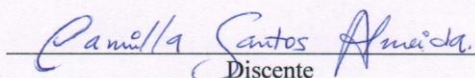
A Banca Examinadora, composta pelas professoras Dra. Ana Paula Albano Araújo, Dra. Yana Teixeira dos Reis e Dra. Daniela Faria Florencio, sob a presidência da primeira, reuniu-se às 16 horas do dia 13/02/2014, na sala 09, bloco A, DBI/CCBS, da Universidade Federal de Sergipe, para avaliar a monografia intitulada 'Efeitos da fragmentação de habitats sobre comunidades de cupins (Insecta: Isoptera)', apresentada pela discente Camilla Santos Almeida do Curso de Ecologia - Bacharelado, matriculada na UFS sob o nº 201010015974. Dando início às atividades, a Presidente da Sessão passou a palavra à discente para proceder à apresentação da monografia. A seguir, o primeiro examinador, Dra. Yana Teixeira dos Reis, fez comentários e arguiu a discente, que dispôs de igual período para responder ao questionamento. O mesmo procedimento foi seguido com o segundo examinador, Dra. Daniela Faria Florencio. Dando continuidade aos trabalhos, a Presidente da Banca Examinadora, agradeceu os comentários e sugestões dos demais membros. Com base nos preceitos estabelecidos pela Resolução 55/2009/CONEP, que normatiza a elaboração e avaliação das monografias do Curso de Ecologia – Bacharelado, a Banca Examinadora decidiu APROVAR a discente com a média 9,5 (nove e meio). Nada mais havendo a tratar, a Banca Examinadora elaborou essa Ata que será assinada pelos seus membros e, em seguida, pela discente avaliada.

Cidade Universitária "Prof. José Aloísio de Campos, 13 de fevereiro de 2014.


Prof.^a Orientadora – Presidente


1º Examinador


2º Examinador


Discente

*Dedico este trabalho a Deus, “por tudo o que
tens feito, por tudo que tens sido, por tudo que
irá fazer por mim”.*

*e aos meus pais, que, com todo amor, me
guiaram pelos caminhos certos e me ensinaram,
desde cedo, que o conhecimento é o único bem
realmente nosso.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre ter me mostrado, de alguma forma, o melhor caminho a seguir e por despertar em mim a esperança de que tudo sempre dá certo, que só depende de nós mesmos e da vossa vontade. Tens sido o meu porto seguro.

A minha família, meus pais, Paulo e Fábiana, os exemplos da minha vida nos quais me espelho todos os dias. Exemplos de amor incondicional, de perseverança e força de vontade e de que tudo que se consegue nessa vida é com muita dedicação, coragem e trabalho. Palavras não são suficientes para expressar o quanto sou grata por tudo que sempre fizeram e fazem por mim. Obrigada por tudo e por me apoiarem na escolha da minha profissão! Ao meu irmão Paulo que sempre me incentiva e torce pelo meu sucesso! Amo vocês!

À minha orientadora Dra. Ana Paula Albano Araújo que acreditou no meu potencial e me incentivou a estudar esses pequenos seres adoráveis que são os cupins. Você traduziu o significado da palavra “ensinar”. Obrigada pela amizade, atenção, preocupação, por toda a ajuda durante todas as etapas deste trabalho e por ter acreditado em mim!

À minha amiga-irmã Nayara, cuja inestimável amizade me deu tantas alegrias, aprendizagem, conhecimento, companheirismo, conselhos e colo nos momentos difíceis. Sem você a graduação e a minha vida nos últimos anos não teriam sido tão valorosas. Obrigada por tudo e por toda ajuda para a realização deste trabalho, até mesmo me fazendo companhia nas noites e fins de semana de trabalho!

A todos que me ajudaram nas coletas e no processamento do material: Nayara, Efrem, Dani, Rubens, Profa. Ana Paula, Prof. Leandro, Carlisson, Bruna, Anderson, Indira Morgana e Anne Caroline. Nós formamos uma grande equipe! Muito obrigada, sem vocês este trabalho não seria possível! Em especial a: Efrem, que, além das coletas, ajudou também na triagem do material; ao Prof. Leandro Bacci pelo auxílio com o transporte em todas as coletas e pelo material de trabalho, além da ajuda dos seus estagiários; à Dani, pela inestimável ajuda com a estatística e entendimento dos dados!

Aos funcionários das matas do Campus Rural, Crasto e Junco, que nos acompanharam e ajudaram no protocolo.

À SEMARH, ao IBAMA e ao proprietário da RPPN Mata do Crasto por terem concedido licença para as coletas.

Aos professores do Departamento de Ecologia que contribuíram com a minha formação profissional.

Ao CNPq pela concessão da bolsa do PIBIC.

A todos os amigos e àqueles que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho.

Obrigada!

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO	vii
REFERENCIAL TEÓRICO	1
EFEITOS DA FRAGMENTAÇÃO DE HABITATS SOBRE COMUNIDADES DE CUPINS (INSECTA: ISOPTERA)	06
Introdução	07
Material e Métodos	09
Resultados	13
Discussão	19
CONCLUSÕES	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Espécies de cupins amostradas com respectivo número de registros em locais de borda e centro nos fragmentos de Mata Atlântica: Mata do Crasto, Mata do Junco e Campus Rural, no estado de Sergipe, Brasil. 2014.

LISTA DE FIGURAS

- FIGURA 1. Variação da biomassa média da serapilheira (g) na borda e no centro das matas do Crasto, Junco e Campus Rural.
- FIGURA 2. Ausência de variação no número de registros médio de cupins entre os fragmentos das matas do Crasto, Junco e Campus Rural e entre o centro e borda das mesmas. Sergipe. 2014.
- FIGURA 3. Ausência de variação na riqueza média de cupins entre os fragmentos das matas do Crasto, Junco e Campus Rural e entre o centro e borda das mesmas. Sergipe. 2014.
- FIGURA 4. Dendograma do Índice de Whittaker (β_w) – diversidade beta - mostrando a variação da composição de espécies para as comunidades de cupins entre as combinações de fragmentos das matas (Crasto, Junco e Campus Rural) \times locais de centro e borda das mesmas. Sergipe. 2014.
- FIGURA 5. Variação da média do número de registros de *Microcerotermes* sp.1 entre os fragmentos das matas do Crasto, Junco e Campus Rural e entre o centro e borda das mesmas. Sergipe. 2014.
- FIGURA 6. Variação da média do número de registros de *Heterotermes longiceps* entre os fragmentos das matas do Crasto, Junco e Campus Rural e entre o centro e borda das mesmas. Sergipe. 2014.
- FIGURA 7. Variação da média do número de registros de *Amitermes* sp. entre os fragmentos das matas do Crasto, Junco e Campus Rural e entre o centro e borda das mesmas. Sergipe. 2014

RESUMO

ALMEIDA, Camilla Santos. **Efeitos da fragmentação de habitats sobre comunidades de cupins (Insecta: Isoptera)** São Cristóvão: UFS, 2014. 43p. (Monografia – Bacharelado em Ecologia).

A fragmentação de habitats está entre as maiores ameaças à biodiversidade e altera significativamente a estrutura das comunidades. Os cupins são organismos detritívoros que participam ativamente da ciclagem de nutrientes e contribuem para manutenção da estrutura físico-química dos solos. Neste trabalho, foi analisado o efeito da fragmentação sobre as comunidades de cupins em remanescentes de Mata Atlântica. O número de registros de cupins foi utilizado como um indicativo da atividade dos cupins nas áreas amostradas, o que pode fornecer indícios sobre o funcionamento do ecossistema. Foram testadas as hipóteses de que o número de registros e riqueza de cupins: i) aumentam com a biomassa de recursos disponíveis (ex. serapilheira); ii) são mais elevadas em áreas maiores em comparação aos fragmentos menores; e iii) são maiores no interior do que na borda das matas. Foram amostrados três fragmentos de Mata Atlântica (Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco, Mata do Crasto e Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe - UFS) localizados no estado de Sergipe, Brasil. Em cada fragmento, foram instaladas 16 parcelas de 5 x 2m, sendo oito na borda e oito no centro totalizando 48 parcelas. Foi mantida uma distância mínima de 20m entre as parcelas. As coletas foram feitas por dois amostradores simultaneamente durante 30min/parcela, durante o período seco. A fim de estimar a disponibilidade de recursos, amostras de serapilheira foram retiradas em uma área de 50 x 50cm no interior de cada parcela. Os resultados encontrados mostraram que, a princípio, o efeito de borda não altera o número de registros e a riqueza de espécies entre centro e borda e nem entre as matas estudadas. No entanto, as espécies estão respondendo de forma diferente a esse processo de alteração do habitat, de modo que algumas estão se beneficiando e outras não. Assim, há uma diferença na composição de espécies entre os locais, mostrando que o efeito de borda está modificando as comunidades desses insetos. Estes resultados podem ser úteis para o entendimento dos fatores que alteram a estrutura das comunidades dos cupins.

Palavras-chave: Efeito de borda, número de registros, riqueza de espécies, térmitas.

REFERENCIAL TEÓRICO

Distribuição e organização social dos cupins

Os térmitas ou cupins são insetos ortopteróides pertencentes à ordem Isoptera. Esta ordem compreende sete famílias: Mastotermitidae, Hodotermitidae, Termopsidae, Kalotermitidae, Serritermitidae, Rhinotermitidae e Termitidae, sendo que as últimas quatro ocorrem no Brasil (Constantino 1999). Atualmente, há cerca de 2.900 espécies de Isoptera descritas, grande parte delas distribuídas na região neotropical. Esta região possui a segunda maior fauna de cupins do mundo englobando mais de 500 espécies, atrás apenas da região etiópica (Cancello & Shlemmermeyer 1999, Constantino 1999). Assim, estes insetos são dominantes em regiões terrestres tropicais (desde florestas úmidas a savanas) e áridas.

As colônias de cupins vivem em ninhos construídos através da mistura de partículas do solo, material fecal e saliva. Estas construções variam em estrutura, forma e localização no substrato, podendo ser ninhos arborícolas, epígeos/montículos ou hipógeos/subterrâneos, dependendo da espécie (Costa-Leonardo 2002). Essas colônias são iniciadas pelo casal (macho e fêmea) que constitui a casta reprodutiva. As colônias possuem também reprodutores secundários que podem substituir o casal reprodutor, quando ocorre a morte destes, ou quando a colônia se torna muito grande. Os indivíduos alados por sua vez, constituem os futuros reprodutores que se dispersam do ninho através de revoadas, podendo acasalar e fundar novas colônias (Constantino 1999, Costa-Leonardo 2002).

As várias gerações produzidas pelo casal reprodutor se sobrepõem dentro do ninho, sendo que os indivíduos que permanecem na colônia são estéreis e apresentam divisão de tarefas, constituindo as castas de soldados e operários, de ambos os sexos (Costa-Leonardo 2002, Beltrão 2012). Os operários geralmente constituem a casta mais numerosa, sendo esbranquiçados e desprovidos de visão. Os mesmos são responsáveis por todo o trabalho na colônia, incluindo: forrageio, construção e reparo do ninho, alimentação das castas

dependentes e cuidados com a prole. Já os soldados são responsáveis pela defesa da colônia, a qual pode ocorrer via mecanismos distintos dependendo das espécies (Constantino 2000). Os cupins que possuem defesa mecânica ou física possuem mandíbulas modificadas e distintas; enquanto as espécies que possuem defesa química possuem estruturas bem desenvolvidas como o naso, que está associado a uma glândula que produz compostos defensivos, por onde expõem um líquido viscoso e repelente. Há ainda espécies que possuem defesa mista, apresentando tanto mandíbulas modificadas quanto defesa química (Costa-Leonardo 2002, Beltrão 2012). Essas características, como: sobreposição de gerações, divisão de tarefas e presença de castas estéreis que auxiliam os reprodutores, conferem aos cupins o status de insetos verdadeiramente sociais ou eussociais (Canello & Shelemmeyer 1999).

Aspectos da biologia e ecologia dos cupins

Cupins alimentam-se de matéria orgânica, basicamente celulose. O hábito nutricional desses insetos pode ser muito variado, uma vez que grande diversidade de material orgânico em diferentes estágios de decomposição pode servir de alimento para esses organismos. A dieta pode ser composta por madeira (viva ou morta), gramíneas, plantas herbáceas, serapilheira, fungos, excrementos e carcaças de outros animais, líquens e outros materiais orgânicos presentes no solo (Lee & Wood 1971, Donovan et al. 2001). Assim, o hábito alimentar dos cupins lhes confere um serviço ecológico fundamental na ciclagem da matéria orgânica morta.

A busca por recursos pelos cupins normalmente ocorre através de uma rede de túneis subterrâneos e/ou galerias que partem do ninho em direção às fontes alimentares (ex. forrageadores de sítio central); exceto para algumas espécies que forrageiam ao ar livre ou que fazem do alimento seu próprio ninho (ex. forrageadores de sítio único). Este hábito críptico deve-se em grande parte ao fato destes insetos possuírem corpo pouco esclerotizado e sensível à dessecação. Além de lhes permitir forragear a longas distâncias no entorno de seus

ninhos, o hábito críptico é uma estratégia que confere aos cupins maior escape da predação (Bandeira & Vasconcellos 2004, Jouquet et al. 2011). Os cupins têm como seus principais predadores as formigas, podendo ser predados também por aves, tatus, tamanduás, cobras, lagartos, vespas sociais, entre outros. A predação é reconhecida por dificultar a escolha e o encontro de recurso pelos cupins (Costa-Leonardo 2002, DeSouza et al. 2009).

Apesar de serem conhecidos por seu potencial destrutivo, cupins são seletivos na escolha de recursos alimentares, mostrando preferência por fontes de recursos de melhor qualidade, com maiores teores de nitrogênio (Traniello & Leuthold 2000), em maior quantidade ou ainda livre de predação (DeSouza et al. 2009). Uma vez que cupins apresentam um alto esforço durante a busca por recursos, representado pela construção de túneis e galerias, alterações na disponibilidade de recursos e riscos associados ao forrageio devem promover alterações significativas em suas comunidades.

Por participarem ativamente da ciclagem da matéria orgânica, os cupins contribuem para mudanças na estrutura química e fertilidade dos solos (Eschenbrenner 1986, Jouquet et al. 2004, Ackerman et al. 2007, Sarcinelli et al. 2009, Jouquet et al. 2011). A atividade destes organismos por meio da construção de galerias modifica as condições físicas através da bioturbação e alteração das propriedades hidráulicas do solo, contribuindo para maior aeração e retenção de umidade. Além disso, os cupins podem modular a disponibilidade de recursos para outros organismos do solo, favorecendo o estabelecimento dos mesmos (Jouquet et al. 2004, Jouquet et al. 2005, Ackerman et al. 2007, Jouquet et al. 2011). Ainda, os ninhos construídos pelos cupins podem abrigar uma ampla variedade de outros organismos, contribuindo para o aumento da riqueza local (Jouquet et al. 2006, Jouquet et al. 2011), além de promoverem maior crescimento e maior número de espécies vegetais em seu entorno (Ackerman et al. 2007, Jouquet et al. 2011). Assim, tendo em vista a importância dos cupins para manutenção dos serviços ecossistêmicos e da diversidade de espécies, entender como as

alterações dos habitats naturais modificam a estrutura dessas comunidades é de grande contribuição para a conservação.

Efeitos da fragmentação sobre as comunidades - Mata Atlântica

Entre as principais ameaças à biodiversidade destaca-se a fragmentação dos habitats naturais, que consiste na perda de área e na redução de áreas contínuas em fragmentos menores. O efeito desse processo sobre a alteração da estrutura das comunidades pode ser compreendido pela “Teoria de Biogeografia de Ilhas” de MacArthur e Wilson (1967). De acordo com essa teoria, quanto maior a proximidade das áreas em relação à fonte colonizadora maior será a taxa de imigração em comparação às áreas mais distantes. Em contrapartida, a taxa de extinção é maior em áreas menores e isoladas quando comparada às áreas maiores e próximas ao continente (Brown & Lomolino 2006, DeSouza et al. 2001). Assim, áreas menores tendem a apresentar menor número de espécies em relação às áreas não fragmentadas.

Além da perda e isolamento das áreas, a fragmentação pode ainda intensificar o efeito de borda, onde ocorre aumento da incidência de luz e temperatura, maior intensidade de ventos e redução da umidade do ar e do solo (Tabarelli et al. 2009). A mudança nestas condições pode inibir o desenvolvimento de espécies sensíveis ou mesmo facilitar o estabelecimento de espécies invasoras, alterando a dinâmica trófica das comunidades e consequentemente sua estrutura. Assim, a perda de área de habitat pode ter várias consequências diretas ou indiretas sobre a riqueza e composição de espécies nas comunidades (DeSouza et al. 2001).

A Mata Atlântica brasileira – ‘hotspot’ global de diversidade - é hoje um dos biomas mais ameaçados do mundo (Myers et al. 2000). A Mata Atlântica do nordeste brasileiro abrange todas as florestas localizadas ao norte do Rio São Francisco e tem sido identificada como uma importante área de endemismo. A devastação da floresta nesta região teve início

com a exploração de madeira pelos portugueses e, em seguida, pela derrubada da mata para o cultivo da cana-de-açúcar (Prado 1976), que dominou a economia da época. Hoje restam apenas cerca de 2% da área original desta região (Silva & Tabarelli 2000), sendo que 90% dos remanescentes possuem menos que 50 ha, muitos destes envolvidos em matrizes homogêneas de cana-de-açúcar (Ranta et al. 1998). O impacto negativo desta fragmentação de habitats tem sido demonstrado para diferentes grupos taxonômicos como invertebrados (Leal et al. 2012), mamíferos (Pardini 2004) e plantas (Girão et al. 2007).

Para cupins, alguns estudos mostraram que o número de espécies apresenta redução significativa em locais mais perturbados, sendo a guilda de humívoros mais sensível à fragmentação do que as demais guildas (DeSouza & Brown 1994, Eggleton et al. 1995, Davies 2002, Gathorne-Hardy et al. 2002, Davies et al. 2003, Bandeira & Vasconcellos 2004, Roisin & Leponce 2004). Possivelmente, a redução de espécies representantes da guilda de humívoros em locais perturbados deve-se às restrições ambientais, como flutuações no microclima e mudanças na qualidade do recurso (DeSouza & Brown 1994, Davies 2002, Bandeira & Vasconcellos 2004).

Tendo em vista a alta ameaça à diversidade da Mata Atlântica e a importância ecológica dos cupins como possíveis engenheiros dos ecossistemas e mantenedores da diversidade, neste trabalho analisamos os efeitos da fragmentação sobre as comunidades de cupins, em três áreas de Mata Atlântica do estado de Sergipe.

**Efeitos da fragmentação de habitats sobre comunidades de cupins (Insecta:
Isoptera)**

Camilla Santos Almeida & Ana Paula Albano Araújo

Universidade Federal de Sergipe. Centro de Ciências Biológicas e da Saúde. Departamento de
Ecologia Tel.: +55 79 21056693.

E-mail: almeida.camillast@gmail.com (C.S. Almeida); anatermes@gmail.com (A.P.A. Araújo).

1. INTRODUÇÃO

A perda de habitats naturais está entre as maiores ameaças à biodiversidade do planeta por modificar processos e interações ecológicas, o que altera a dinâmica e a estrutura das comunidades (Viana & Pinheiro 1998). A fragmentação de habitats ou de ecossistemas é referida como “qualquer tipo de processo que leva à perda de tamanho de uma área original, resultando em uma área reduzida ou em várias outras áreas separadas” (Lovejoy et al. 1986). Esse processo converte habitats contínuos em manchas imersas em matrizes não florestais, tendo em muitos casos consequências negativas diretas ou indiretas sobre a riqueza e composição de espécies nas comunidades.

Além da perda de área *per si*, a fragmentação de habitats intensifica o “efeito de borda”, caracterizado pela alteração do microclima local, através do aumento da incidência de luz e temperatura, maior agitação causada pelos ventos e menor umidade (Tabarelli et al. 2009). A fragmentação de um ecossistema pode provocar a perda de indivíduos, redução e isolamento das populações com aumento das chances de extinção e das taxas de endogamia, respectivamente, além do aumento da competição e declínio na riqueza de espécies (DeSouza et al. 2001). Estudos têm demonstrado a redução da riqueza de espécies em vários grupos taxonômicos, como em besouros da subfamília Scarabaeinae (Klein 1989), árvores (Benítez-Malvido & Martinez-Ramos 2003, Scariot 1998), aves insetívoras do sub-bosque (Stratford & Stouffer 1999, Ferraz et al. 2007) e primatas (Gilbert & Setz 2001, Boyle & Smith 2010).

Dentre os organismos afetados negativamente pelo efeito da fragmentação de habitats, destacam-se os insetos. De fato, estes organismos são comumente utilizados como indicadores da qualidade ambiental e da conservação de habitats (Freitas et al. 2006). Cupins, por exemplo, têm sido considerados organismos sensíveis às perturbações ambientais (DeSouza & Brown 1994). Estudos têm demonstrado que a riqueza e o número de guildas alimentares de cupins são afetados negativamente em locais mais perturbados, sendo as

espécies da guilda de solo as mais sensíveis a tais modificações do habitat (DeSouza & Brown 1994, Eggleton et al. 1995, Davies 2002, Gathorne-Hardy et al. 2002, Davies et al. 2003, Bandeira & Vasconcellos 2004, Roisin & Leponce 2004).

Por alimentarem-se da matéria orgânica em diferentes estágios de decomposição, consumindo desde vegetais vivos até matéria orgânica altamente decomposta (Bignell & Eggleton 1995), estes insetos apresentam alta capacidade de ciclagem de nutrientes e mineralização de carbono (Bignell & Eggleton 2000). Cupins são apontados como espécies engenheiras dos ecossistemas por alterarem o ambiente propiciando o estabelecimento e manutenção de outras espécies, incluindo plantas (Beaudrot et al. 2011) e vertebrados (Moreira et al. 2009). Desta forma, entender os fatores que determinam a estrutura das comunidades destes insetos é de fundamental importância para compreensão do funcionamento dos ecossistemas terrestres.

Neste trabalho, foi analisado o efeito da fragmentação sobre as comunidades de cupins em remanescentes de Mata Atlântica, analisando possíveis mudanças na riqueza de espécies e no número de registros de cupins decorrentes desse processo. O número de registros foi utilizado como um indicativo da atividade dos cupins nas áreas amostradas, o que pode fornecer indícios sobre o funcionamento do ecossistema. Foram testadas as hipóteses de que o número de registros e a riqueza de cupins: i) aumentam com a biomassa de recursos disponíveis (ex. serapilheira), ii) são mais elevados em áreas maiores em comparação aos fragmentos menores; e iii) são maiores no interior do que na borda das matas.

2. Material e Métodos

Área de estudo

O estudo foi desenvolvido em fragmentos de Mata Atlântica brasileira, considerado um dos biomas mais ameaçados do mundo (Myers et al. 2000). No nordeste brasileiro, a Mata Atlântica tem sido identificada como uma importante área de endemismo, restando apenas 2% da área de mata original (Silva & Tabarelli 2000), a qual está inserida, em sua maioria, em remanescentes com menos de 50 ha (Ranta et al. 1998).

As coletas foram conduzidas em três fragmentos de Mata Atlântica que diferem em tamanho: Mata do Crasto (município de Santa Luzia do Itanhy, 11°22'43.9''S e 37°25'03.0''W) – maior fragmento amostrado com aproximadamente 900 ha; Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco (município de Capela, 10°46'S e 37°01'W) – fragmento de tamanho intermediário, com cerca de 766 ha; e Campus Rural da Universidade Federal de Sergipe (município de São Cristóvão, 11° 01'S e 37° 12'O) – menor fragmento, com cerca de 970m². Todos os fragmentos estão localizados no estado de Sergipe, Brasil.

A Mata do Crasto foi decretada Reserva Particular de Patrimônio Natural (RPPN) em 1989 pelo IBAMA, sendo um dos remanescentes florestais mais significativos e conservados do estado (Sousa 2003). Plantações de eucalipto estão presentes no entorno da área estudada. O Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco (RVSMJ) é um dos maiores remanescentes de Mata Atlântica do estado de Sergipe (França et al. 2010). A unidade inclui fragmentos isolados de floresta semidecídua, compostos, em sua maioria, por remanescentes secundários e áreas abertas, que possuem estratos arbóreos distintos, devido à ação antrópica (Santos et al. 2007, Morato et al. 2011). O Campus Rural da UFS possui pequenos fragmentos florestais entremeados por matriz contendo diversos cultivos em pequena escala (incluindo plantações

de eucalipto e fruteiras) que são usados para experimentação. O fragmento estudado é recortado por estradas e áreas erodidas.

As coletas foram conduzidas nas áreas de borda e nas partes mais centrais de cada mata. As bordas foram consideradas áreas com até 5m após o início da vegetação de mata. Já o centro foi delimitado de acordo com a extensão territorial de cada fragmento. No Campus Rural o centro foi demarcado à 100m da borda devido à pequena extensão desse fragmento; enquanto nas demais matas, Crasto e Junco, o centro foi demarcado à 150m de distância da borda.

O clima em todas as regiões amostradas é semelhante, com verão seco e inverno chuvoso, tendo temperaturas médias anuais que variam em torno de 24,8 à 25° C, e precipitação média anual entre 1.200 a 1.372 mm (Bonfim et al. 2002, Brito et al. 2005, Semarh 2007). O experimento foi conduzido durante o período de seca, entre dezembro de 2013 e janeiro de 2014, no horário compreendido entre 9h e 16h.

Amostragem

Em cada um dos três fragmentos de mata foram amostradas 16 parcelas de 5 x 2m, sendo oito parcelas instaladas na borda e oito no centro de cada fragmento, totalizando 480m² de área amostrada. Foi mantida uma distância mínima de 20m entre as parcelas. Cada parcela foi avaliada simultaneamente por dois amostradores durante 30min, correspondendo a um esforço amostral de 1h/amostrador (Jones & Eggleton 2000). Durante este período, toda a área da parcela foi vasculhada para realização da busca de cupins em vários microhabitats, incluindo superfície do solo, serapilheira, troncos e galhos, ninhos epígeos e arborícolas, galerias na superfície do solo/troncos de árvores e escavações no solo (12 x 12 x 10cm). Os cupins foram coletados manualmente com o uso de pás, cavadeiras e pinças.

Os indivíduos coletados foram armazenados em frascos contendo álcool 80% devidamente etiquetados. Posteriormente, em laboratório, os espécimes foram identificados até o menor nível taxonômico possível, seguindo Mathews (1977), Constantino (2002a) e bibliografias específicas. O material coletado foi depositado no Laboratório de Ecologia Vegetal, da Universidade Federal de Sergipe.

A riqueza (número de espécies) e o número de registros de cupins foram quantificados em cada parcela amostrada. Na maioria dos estudos envolvendo insetos sociais, principalmente naqueles com foco na avaliação da diversidade de cupins, a abundância relativa é utilizada para estimar a representatividade das colônias das diferentes espécies (Reis & Cancellato 2007, Cunha & Orlando 2011, Viana Jr 2013). Por um lado, tal estimativa evita que o número de colônias seja superestimado, uma vez que considera a ocorrência de determinada espécie/parcela como um único registro de abundância, independentemente de quantas vezes tal espécie foi registrada na parcela. Assim, parcelas com apenas um registro ou vários registros de determinada espécie seriam computadas de forma similar considerando-se a abundância relativa, embora seja evidente que tais parcelas possam apresentar taxas distintas de utilização de recursos pelos cupins. Com isso, a abundância relativa não considera a taxa de uso do habitat, ou seja, o quanto os recursos em um dado local estão sendo utilizados. Por outro lado, o número de registros (ex. número total de encontros de cupins), pode fornecer um indicativo do quanto os recursos estão sendo utilizados nos diferentes locais amostrados, sendo uma medida útil para avaliar se a fragmentação de habitats está interferindo de alguma forma na atividade dos cupins, e consequentemente no funcionamento dos ecossistemas. Assim, nesse trabalho consideramos nas análises o número de registros de cupins ao invés da abundância relativa. O número de registros das espécies de cupins em determinada parcela pode indicar: i) uma única colônia muito ativa (ou em declínio) na parcela ou suas mediações; ii) várias colônias da mesma espécie no local; iii) colônias instaladas em locais distantes que

tenham selecionado tal local para forrageio ou baixa taxa de seleção da parcela para forrageio. Em todos os casos, independentemente da origem dos indivíduos amostrados, se pertencentes a uma mesma ou diferentes colônias, o número de registros dá uma ideia geral da taxa de uso do habitat pelos cupins e consequentemente do funcionamento do ambiente em termos de ciclagem de nutrientes.

A fim de estimar a quantidade de recurso disponível, no centro de cada parcela foi coletada toda a serapilheira acima do solo em um quadrado de 50 x 50cm. Em laboratório, as amostras foram processadas em peneira com abertura de 2,38mm para retirada de partículas de solo e o material > 2,38mm foi seco em estufa a 60°C por quatro dias. Posteriormente, as amostras de serapilheira (g) foram pesadas em balança para estimativa da disponibilidade de recursos acima do solo.

Análises estatísticas

Inicialmente foi testado, através de análise de variância (ANOVA), se a disponibilidade média de serapilheira acima do solo (g) (variável y) apresentou diferenças entre os fragmentos de mata, e entre borda e centro (variáveis x).

A fim de verificar se a disponibilidade de recursos (biomassa de serapilheira) interfere na riqueza e número de registros de cupins foi realizada análise de regressão linear simples, com distribuição de erros de Poisson corrigidos para sobredispersão. Neste caso, cada parcela foi utilizada como uma réplica.

O efeito de borda sobre a riqueza e sobre a média do número de registros de cupins em cada mata/local foi testado através de ANOVA, com distribuição de erros de Poisson corrigidos para sobredispersão. Nestes modelos, a riqueza e a média do número de registros de cupins foram considerados como as variáveis y , o local da coleta (borda ou centro) foi utilizado como variável x_1 e as matas como covariável (x_2).

Para analisar se existe uma possível variação na composição de espécies decorrente do efeito de borda, o índice de Diversidade Beta foi calculado para cada combinação de matas \times locais e o resultado do agrupamento foi plotado em um dendograma. O procedimento foi realizado utilizando-se o Índice de Whittaker (β_w), no pacote Vegan do programa estatístico R (R Development Core Team, 2012), através da equação de Whittaker (1960):

$$\beta_w = (b + c) / (2a + b + c)$$

onde: a representa o número de espécies compartilhadas e, b e c o número de espécies não compartilhadas entre dois locais. Valores mais elevados desse índice indicam maior diferença na composição de espécies entre escalas locais.

A fim de verificar se as espécies respondem de forma diferenciada à fragmentação, foi testado se as médias do número de registros das espécies mais dominantes nas comunidades (variáveis y) variam entre matas (x_1) e entre locais (x_2 = centro ou borda). Para isso foi utilizada ANOVA com distribuição de erros de Poisson corrigidos para sobredispersão.

As análises foram conduzidas utilizando modelos lineares generalizados (GLM) no programa estatístico R (R Development Core Team, 2012). Em todos os casos foram feitas análises de resíduos a fim de verificar a adequabilidade dos modelos testados. Diferenças nas médias entre os níveis de cada tratamento foram testadas utilizando-se teste de Tukey a 5% de probabilidade.

3. RESULTADOS

Foi encontrado um total de 308 registros de cupins, sendo 124 amostrados na Mata do Crasto, 84 no Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco e 100 no Campus rural da UFS. Destes registros, um total de 152 foi encontrado na borda e 155 no centro dos fragmentos (Tabela 1).

Os cupins amostrados compreendem três famílias (Kalotermitidae, Rhinotermitidae e Termitidae), 19 gêneros e 33 espécies (Tabela 1). As espécies mais abundantes foram *Microcerotermes* sp. 1 (128), *Heterotermes longiceps* (35) e *Amitermes* sp. (26). Em contrapartida, as espécies *Anoplotermes* sp. 1, *Anoplotermes* sp. 2, *Aparatermes* sp., *Ruptitermes xanthochiton* e *Dihoplotermes* sp. foram encontradas apenas uma ou duas vezes (Tabela 1).

A biomassa média da serapilheira mostrou variação significativa entre as matas ($F_{1,44}=13,420$ e $p=0,001$) e entre os locais ($F_{1,44}=14,856$ e $p<0,001$) (Fig. 1). A biomassa da serapilheira difere entre as três áreas, sendo maior na Mata do Crasto, seguido pela Mata do Junco e Campus rural. Nas maiores matas (Crasto e Junco) houve uma tendência para maior quantidade de serapilheira no centro em relação à borda. No entanto, apenas na Mata do Junco essa variação foi significativa ($p<0,001$), o mesmo não sendo observado para Mata do Crasto ($p=0,2764$). A menor área (Campus Rural) apresentou praticamente igual biomassa de serapilheira entre borda e centro ($p=0,9971$) (Fig. 1).

A média do número de registros ($F_{1,46}=106,36$ e $p=0,571$) e riqueza ($F_{1,46}=30,112$ e $p=0,722$) de cupins não foram explicadas pela variação na biomassa de serapilheira.

A média do número de registros de cupins também não variou entre as matas ($F_{2,44}=99,175$ e $p=0,154$) e não apresentou variação entre a borda e o centro de cada mata ($F_{1,46}=107,020$ e $p=0,875$) (Fig. 2).

A riqueza foi mais alta na Mata do Junco (23), seguido pela Mata do Crasto (14) e a mata do Campus Rural (12). No entanto, esta variação na riqueza de espécies não foi significativa entre as matas ($F_{2,44} = 29,247$ e $p = 0,695$) e nem entre borda e centro ($F_{1,46} = 29,973$ e $p = 0,607$) (Fig. 3).

O agrupamento do dendograma mostra que os maiores valores de Diversidade Beta de Whittaker (β_w) são observados entre o centro e a borda de cada mata, indicando um efeito da borda sobre a diferenciação na composição de espécies nas comunidades (Fig. 4). O Índice de Diversidade Beta de Whittaker (β_w) mostrou valores maiores para o centro e a borda da Mata do Crasto, seguidos pelos mesmos locais na Mata do Junco, enquanto os menores valores foram observados para o centro e borda da Mata do Campus Rural (Fig. 4).

As espécies de cupins mais dominantes mostraram respostas diferenciadas em relação ao efeito de borda. A média do número de registros de *Microcerotermes* sp. não diferiu entre as matas ($F_{2,44} = 146,77$ e $p = 0,676$), no entanto houve uma tendência de maior dominância dessa espécie em áreas de centro do que nas bordas ($F_{1,46} = 149,17$ e $p = 0,011$) (Fig. 5).

Já a média do número de registros de *H. longiceps* mostrou variação entre as matas ($F_{2,45} = 54,804$ e $p = 0,001$), sendo maior nas matas do Crasto e Campus Rural, as quais mostraram número de registros semelhantes entre si ($p = 0,982$) (Fig. 6). Por outro lado, o número de registros de *H. longiceps* não respondeu à variação entre borda e centro ($F_{1,46} = 70,629$ e $p = 0,880$).

Por sua vez, *Amitermes* sp. teve variação na média do número de registros tanto entre matas ($F_{2,44} = 51,550$ e $p < 0,001$) como entre locais ($F_{2,44} = 78,217$ e $p = 0,019$), sendo maior em ambos os locais da Mata do Crasto. O número de registros desta espécie foi maior na Mata do Crasto ($p < 0,001$), a qual diferiu em relação à Mata do Junco e Campus Rural que tiveram números de registros semelhantes ($p = 0,898$) (Fig. 7).

Tabela 1. Espécies de cupins amostradas com respectivo número de registros em locais de borda e centro nos fragmentos de Mata Atlântica: Mata do Crasto, Mata do Junco e Campus Rural, no estado de Sergipe, Brasil. 2014.

Família/ Subfamília	Espécie/ morfoespécie	Crasto		Junco		Campus Rural		Total
		Borda	Centro	Borda	Centro	Borda	Centro	
Kalotermitidae	<i>Paraneotermes</i> sp.	1						1
Rhinotermitidae	<i>Heterotermes longiceps</i> (Snyder, 1924)	11	5		2	7	10	35
	<i>Rhinotermes</i> sp.		2					2
Termitidae								
Apicotermitinae	<i>Anoplotermes</i> sp. 1				1			1
	<i>Anoplotermes</i> sp. 2			2		3	1	6
	<i>Anoplotermes</i> sp. 3			1	2			3
	<i>Anoplotermes</i> sp. 4			1	1	1		3
	<i>Anoplotermes</i> sp. 5						2	2
	<i>Aparatermes</i> sp.		1					1
	<i>Ruptitermes xanthochiton</i> Mathews, 1977			1			1	2
	<i>Armitermes</i> sp. 1	1		1				2
Nasutitermitinae	<i>Armitermes</i> sp. 2		3					3
	<i>Constrictotermes</i> sp.			1				1
	<i>Diversitermes diversimilis</i> (Silvestri, 1901)				2			2
	<i>Nasutitermes</i> sp. 1			6	3	4	7	20
	<i>Nasutitermes</i> sp. 2				1			1
	<i>Nasutitermes</i> sp. 3	6		1	1			8
	<i>Nasutitermes</i> sp. 4	4						4
	<i>Nasutitermes</i> sp. 5			6				6
	<i>Nasutitermes</i> sp. 6			1				1
	<i>Velocitermes</i> sp.	14		5				19
	<i>Armitermes</i> sp.	16	5	3	1	1		26
	<i>Cubitermes</i> sp. 1				1			1
Termitinae	<i>Cubitermes</i> sp. 2				2			2
	<i>Cubitermes</i> sp. 3			1				1
	<i>Cylindrotermes</i> sp. 1	6						6
	<i>Cylindrotermes</i> sp. 2					1		1
	<i>Dihoplotermes</i> sp.					2		2
	<i>Inquilinitermes</i> sp.			1				1
	<i>Microcerotermes</i> sp. 1	5	39	6	29	28	21	128
	<i>Microcerotermes</i> sp. 2		4					4
	<i>Termes</i> sp.				1	3	8	12
	<i>Planicapritermes</i> sp.	1						1
Número de registros totais		65	59	37	47	50	50	308
Abundância relativa (abd total/ nr parcelas)		3,25	2,50	3,12	3,00	2,50	2,62	
Riqueza		10	07	15	13	09	07	33

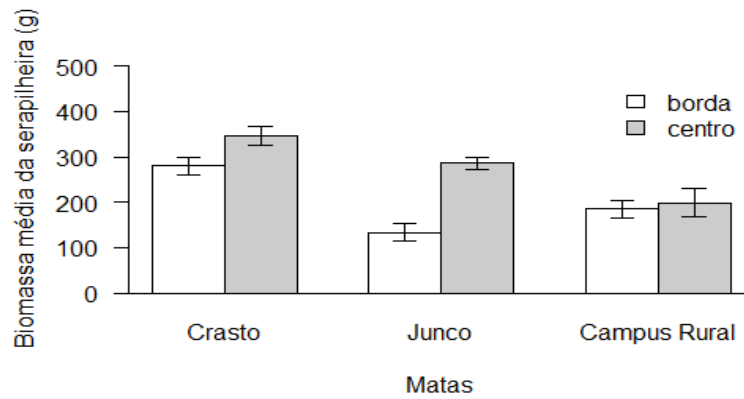


Figura 1. Variação da biomassa média da serapilheira (g) na borda e no centro das matas do Crasto, Junco e Campus Rural. Sergipe. 2014.

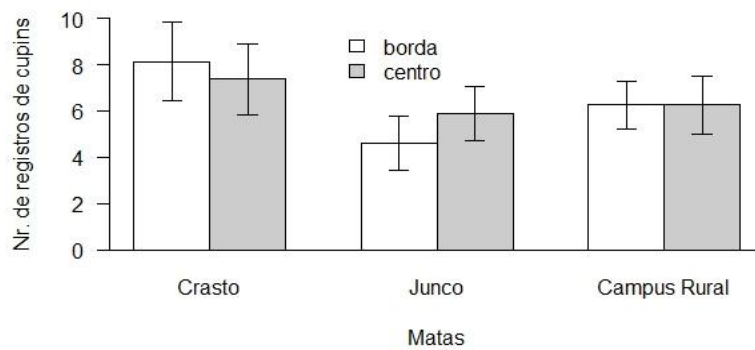


Figura 2. Ausência de variação na média do número de registros totais de cupins entre os fragmentos das matas do Crasto, Junco e Campus Rural e entre o centro e borda das mesmas. Sergipe. 2014.

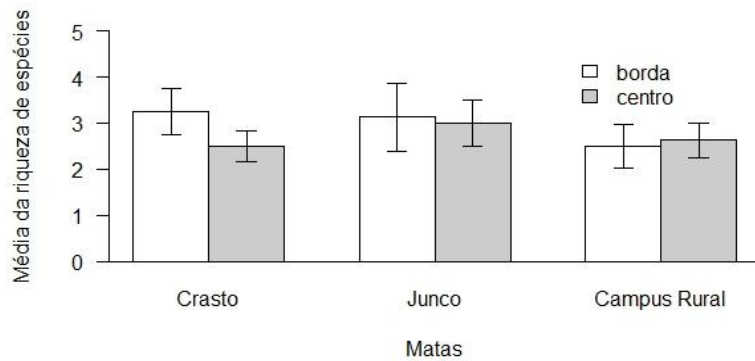


Figura 3. Ausência de variação na riqueza média de cupins entre os fragmentos das matas do Crasto, Junco e Campus Rural e entre o centro e borda das mesmas. Sergipe. 2014.

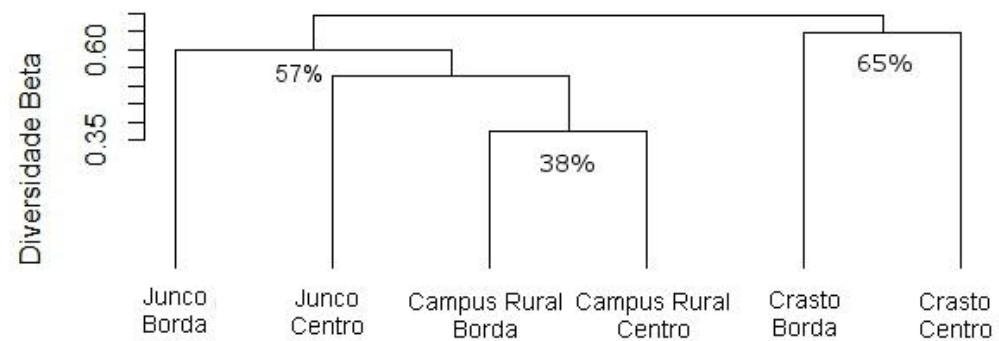


Figura 4. Dendrograma do Índice de Whittaker (β_w) – diversidade beta - mostrando a variação da composição de espécies para as comunidades de cupins entre as combinações de fragmentos das matas (Crasto, Junco e Campus Rural) \times locais de centro e borda das mesmas. Sergipe. 2014.

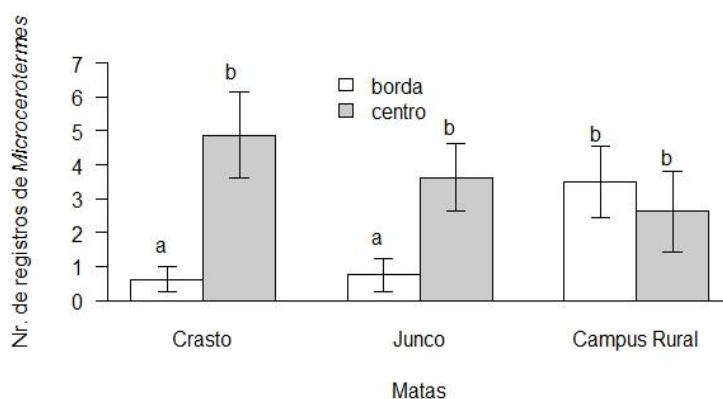


Figura 5. Variação da média do número de registros de *Microcerotermes* sp.1. entre os fragmentos das matas do Crasto, Junco e Campus Rural e entre o centro e borda das mesmas. Sergipe. 2014.

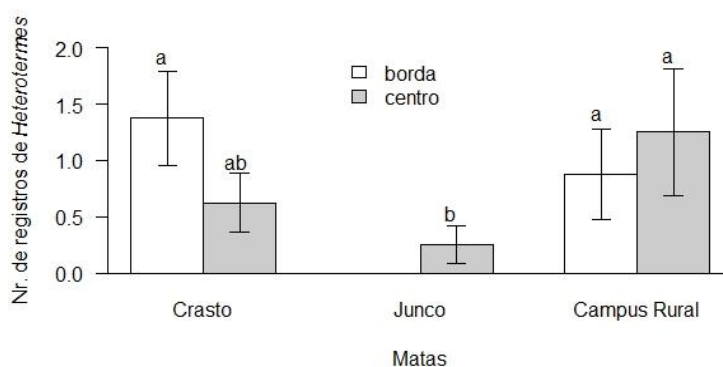


Figura 6. Variação da média do número de registros de *Heterotermes longiceps* entre os fragmentos das matas do Crasto, Junco e Campus Rural e entre o centro e borda das mesmas. Sergipe. 2014.

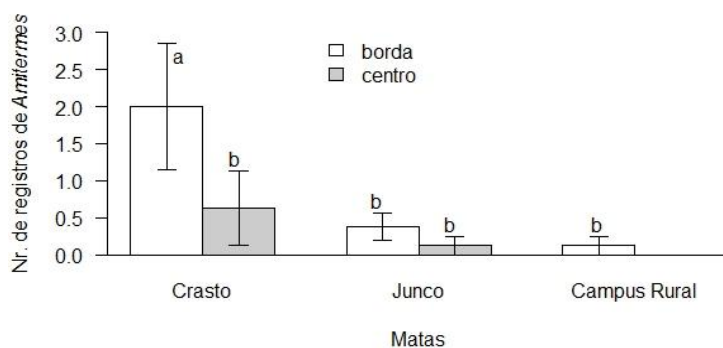


Figura 7. Variação da média do número de registros de *Amitermes* sp. entre os fragmentos das matas do Crasto, Junco e Campus Rural e entre o centro e borda das mesmas. Sergipe. 2014.

4. DISCUSSÃO

A fragmentação de habitats resulta na perda de área e no aumento da área de borda dos remanescentes, tendo como consequências alterações na estrutura das comunidades de diferentes grupos taxonômicos (DeSouza et al. 2001). As consequências negativas podem ser muitas vezes percebidas nas áreas de borda devido às maiores alterações nas condições e na oferta de recursos nesses locais.

Nesse estudo, foi verificado que a biomassa da serapilheira foi maior na Mata do Crasto, seguido pela Mata do Junco e Campus Rural (Fig. 1), corroborando a ideia de que áreas maiores e mais conservadas oferecem mais recursos (Zimmerman & Bierregaard 1986). Como previsto, também houve maior quantidade de serapilheira no centro do que na borda em uma das áreas maiores (Mata do Junco) e, a menor área estudada (Campus Rural) mostrou praticamente a mesma quantidade de recursos disponíveis em sua borda e centro. Este resultado está de acordo com o fato de que quanto menor a área, maior a proximidade entre centro e borda, o que permite a propagação do efeito de borda até seu interior tornando o ambiente mais homogêneo (DeSouza et al. 2001). Por outro lado, ao contrário do previsto, na maior reserva (ex. Mata do Crasto) a quantidade de serapilheira não diferiu entre centro e borda. Laurance e Vasconcellos (2009) sugerem que, em áreas de borda, a produção de serapilheira pode ser mais alta do que no centro, devido ao aumento da quantidade de plantas pioneiras de baixa longevidade neste local, o que poderia incrementar a necromassa acima do solo. Talvez isso possa explicar a ausência de variação da quantidade de serapilheira entre a borda e o centro da Mata do Crasto, uma vez que era esperado que suas áreas mais centrais também apresentem maior disponibilidade de serapilheira devido à presença de árvores de maior porte.

A riqueza e o número de registros de cupins não responderam à variação na disponibilidade de recursos. Da mesma forma, a riqueza e os registros não diferiram entre as matas e nem entre o centro e borda das mesmas (Fig. 2 e 3). Embora a literatura ecológica proponha que o número de espécies possa aumentar, diminuir ou se manter constante frente à fragmentação (DeSouza et al. 2001), os resultados apresentados nesse estudo não corroboram outros estudos feitos com comunidades de cupins em ambientes perturbados. Cunha e Orlando (2011) mostraram que a riqueza de espécies mostra um padrão decrescente entre florestas e ambientes em diferentes estágios de recuperação (pastos e zonas de transição). Do mesmo modo, DeSouza e Brown (1994) encontraram maior riqueza de espécies em florestas contínuas do que em fragmentos. Ainda, Bandeira e Vasconcellos (2004) relataram o efeito negativo dos distúrbios ambientais no encontro e riqueza de cupins. Por outro lado, os resultados do presente trabalho estão de acordo com Davies (2002) que também não encontrou variação na riqueza de espécies de cupins em diferentes fragmentos resultantes de uma floresta inundada.

A ausência de resposta do número de registros e riqueza de cupins observada aqui poderia sugerir que as comunidades estudadas não foram sensíveis aos efeitos da fragmentação de habitats. No entanto, a composição de espécies variou entre os diferentes ambientes analisados (Fig. 4). A diversidade beta foi mais alta quando comparada entre a borda e o centro da Mata do Crasto. Esta alta diversidade beta na mata de maior área pode refletir uma maior heterogeneidade de habitat, corroborando a ideia de que áreas maiores podem apresentar maior diversidade de habitats, permitindo maior coexistência de espécies (Gabialti et al. 2004). Além disso, evidencia que as áreas centrais dessa mata ainda mantêm suas propriedades, recursos e condições sem influência da borda.

Neste trabalho, apesar de não ter sido avaliada a representação de diferentes guildas nos ambientes analisados, verificou-se que as espécies de cupins são afetadas de maneira distinta

pela fragmentação (Fig. 5-7). As mudanças na composição das comunidades podem ser provocadas quando as alterações no habitat afetam as espécies diferencialmente. Como já demonstrado em outros trabalhos, as guildas de xilófagos e serapilheira tendem a ser beneficiadas em ambientes fragmentados, enquanto representantes da guilda de humívoros sofrem efeito negativo com a fragmentação. Dessa forma, os humívoros podem ser mais afetados pelas restrições ambientais, como flutuações no microclima e mudanças na qualidade do recurso (DeSouza & Brown 1994, Davies 2002, Bandeira & Vasconcellos).

O efeito de borda provavelmente está atuando nas comunidades de cupins, uma vez que algumas estão sendo dominantes enquanto outras se tornam mais raras em diferentes locais das matas. O número de registros de *Microcerotermes* sp. foi maior no centro das matas maiores (Fig. 5), mostrando que as espécies desse gênero estão sendo afetadas negativamente pelo efeito de borda nestas áreas. Por outro lado, a ausência de diferenças entre as matas sugere que quando estão em um ambiente muito perturbado (ex. Campus Rural), sem a opção de escolha de locais de melhor qualidade para forrageio ou nidificação, estas espécies ainda persistem em alta abundância (Fig. 5). Estudos mostram que cupins são capazes de selecionar locais de melhor qualidade para busca de recursos (DeSouza et al. 2009) assim como para escolha de locais de nidificação (Lima et al. 2006). A persistência dessa espécie pode ser explicada pelo fato de se alimentar de madeira (DeSouza & Brown 1994, Constantino 1999, Davies 2002, Lima & Costa-Leonardo 2002), recurso que pode ser comum tanto em ambientes mais fragmentados quanto em florestas contínuas (DeSouza & Brown 1994). Por isso, espécies xilófagas são consideradas mais resilientes à perturbação dos habitats (Davies 2002).

Já *H. longiceps* não mostrou um padrão claro de número de registros em relação ao tamanho do fragmento e ao local de amostragem (centro ou borda) (Fig. 6). No entanto, o número de registros desta espécie é maior na Mata do Crasto e no Campus Rural, locais onde

são encontradas plantações de eucalipto, em áreas adjacentes ao fragmento, o que pode ter propiciado o estabelecimento e dominância desta espécie nessas matas. Representantes de *Heterotermes* são consideradas uma das mais importantes pragas em cultivos de cana-de-açúcar e eucalipto (Constantino 1999, Costa-Leonardo 2002, Sales et al. 2010). O menor número de registros de *H. longiceps* observada na Mata do Junco pode ser explicado pelo fato dessa área, pelo menos o local amostrado, apresentar menos influência de áreas agrícolas quando comparada às demais áreas estudadas.

Por sua vez, *Amitermes* sp. mostrou maior número de registros na mata de maior tamanho, independentemente do local (Fig. 7), ou seja, provavelmente esta espécie é mais persistente em áreas maiores. O fato destas espécies não mostrarem dominância distinta entre os locais pode ser explicado por sua capacidade de explorar a celulose em diferentes formas, incluindo madeira em diferentes estágios de decomposição (Reis & Cancellato 2007).

Curiosamente, existem relatos de *status* de praga para os gêneros das três espécies mais dominantes (Constantino 2002b). Espécies de cupins pragas são conhecidas por apresentarem certa plasticidade (Reis & Cancellato 2007) e podem possuir nicho muito amplo, o que permite maior extensão em suas áreas de distribuição (Costa-Leonardo 2002).

Concluindo, este estudo mostra que, embora de forma geral a riqueza e o número de registros de cupins não se alterem em ambientes com diferentes níveis de perturbação, as comunidades de cupins responderam a tais efeitos através da mudança na composição de espécies e na atividade das mesmas. A fragmentação de habitats está agindo diferencialmente sobre as espécies, beneficiando ou prejudicando-as em ambientes distintos, o que resultou na ausência de variação do número de registros totais e na riqueza de espécies. Estes resultados podem ser úteis para o entendimento dos fatores que alteram a estrutura das comunidades dos cupins, e fornece informações para o desenvolvimento de estratégias de conservação e para o uso desses organismos como indicadores de qualidade ambiental.

5. CONCLUSÕES

- Os efeitos de redução da área e criação de bordas decorrentes do processo de fragmentação de habitats não alteraram a riqueza e o número de registros das espécies de cupins. Isso pode ser devido ao fato de que as diferentes espécies mostram preferência ou dominância em áreas distintas.
- Tais efeitos podem ser percebidos na mudança da composição de espécies entre borda e centro das três matas estudadas.
- As espécies mais dominantes mostraram respostas diferentes aos efeitos da fragmentação, sendo que *Microcerotermes* sp. 1 parece ter preferência por áreas de centro, *Amitermes* sp. mostrou maior dominância em áreas maiores e *Heterotermes longiceps* foi mais dominante em áreas com atividade agroflorestal próxima a suas bordas.
- Os resultados desse estudo podem auxiliar na elucidação dos efeitos da fragmentação sobre comunidades de cupins.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERMAN, W.G., TEIXEIRA, S.J.R., LEHMANN, J. & FERNANDES, E.C.M. 2007. The impact of mound-building termites on surface soil properties in a secondary forest of Central Amazonia. **Appl. Soil Ecol.** 37:267-276.
- BANDEIRA, A.G. & VASCONCELLOS, A. 2004. Efeitos de perturbações antrópicas sobre as populações de cupins (Isoptera) do Brejo dos Cavalos, Pernambuco. *In: Brejos de altitude: história natural, ecologia e conservação* (Kátia Cavalcante Pôrto; Jaime J.P. Cabral; Marcelo Tabarelli, org.). Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p.145-152.
- BEAUDROT, L., DU, Y., RAHMAN, K.A., REJMÁNEK, M. & HARRISON, R.D. 2011. Do Epigeal termite mounds increase the diversity of plant habitats in a tropical rain forest in peninsular Malaysia? **Plos One.** 6, p.e19777.
- BELTRÃO, F.L.S. 2012. **Ocorrência e preferência alimentar de térmitas (Insecta: Isoptera) associados a espécies florestais exóticas em condições naturais de Seropédica, RJ.** Dissertação de Mestrado.
- BENÍTEZ-MALVIDO, J. & MARTINEZ-RAMOS, M. 2003. Influence of edge exposure on tree seedling species recruitment in tropical rain forest fragments. **Biotropica** 35:530–541.
- BIGNELL, D. & EGGLETON, P. 1995. On the elevated intestinal pH of higher termites (Isoptera, Termitidae). **Insect Soc.** 42:57-69.
- BIGNELL, D.E. & EGGLETON, P. 2000. Termites in ecosystems. *In: Abe. T.; Bignell, D.E.; Higashi, M. (eds.). Termites: evolution, sociality, symbioses, ecology.* Kluwer Academic Publishers.

- BONFIM, L.F.C., COSTA, I.V.G. & BENVENUTI, S.M.P. 2002. Projeto Cadastro da Infra-Estrutura Hídrica do Nordeste: Estado de Sergipe. **Diagnóstico do Município de Santa Luzia do Itanhy**. Aracaju: CPRM. 16p.
- BOYLE, S.A. & SMITH, A.T. 2010. Can landscape and species characteristics predict primate presence in forest fragments in the Brazilian Amazon? **Biol. Conserv.** 143:1134-1143.
- BRITO, M.E.B., MELO, A.S., LUSTOSA, J.P.O., ROCHA, M.B., VIÉGAS, P.R.A. & HOLANDA, F.S.R. 2005. Rendimento e qualidade da fruta do maracujazeiro-amarelo adubado com potássio, esterco de frango e de ovino. **Rev. Bras. Frutic.** 27:260-263.
- BROWN, J.H. & LOMOLINO, M.V. 2006. **Biogeografia**. 2. ed. FUNPEC Editora, Ribeirão Preto, SP. p.379-383.
- CANCELLO, E.M. & SCHLEMMERMEYER, T. 1999. **Isoptera**. Museu de Zoologia da Universidade de São Paulo.
- CONSTANTINO, R. 1999. Chave ilustrada para identificação dos gêneros de cupins (Insecta: Isoptera) que ocorrem no Brasil. **Pap. Avulsos Zool.** 40:387-448.
- CONSTANTINO, R. 2002a. An illustrated key to Neotropical termite genera (Insecta: Isoptera) based primarily on soldiers. **Zootaxa** 67: 1-40
- CONSTANTINO, R. 2002b. The pest termites of South America: taxonomy, distribution and status. **J. Appl. Ent.** 126:355-365.
- COSTA-LEONARDO, A.M. 2002. **Cupins-praga: morfologia, biologia e controle**. Rio Claro: A.M.C-L.
- CUNHA, H.F. & ORLANDO, T.Y.S. 2011. Composição funcional de cupins em áreas de pastagem abandonada e em sucessão secundária do Parque Estadual Altamiro de Moura Pacheco, Goiás, Brasil. **Biosci. J.** 27:986-992.

- DAVIES, R.G. 2002. Feeding group responses of a Neotropical termite assemblage to rain forest fragmentation. **Oecologia** 133:233–242.
- DAVIES, R.G., HERNÁNDEZ, L.M., EGGLETON, P., DIDHAM, R.K, FAGAN, L.L. & WINCHESTER, N.N. 2003. Environmental and spatial influences upon species composition of a termite assemblage across neotropical forest islands. **J. Trop. Ecol.** 19:509-524.
- DESOUZA, O., ARAÚJO, A.P.A & REIS-JR, R. 2009. Trophic controls delaying foraging by termites: reasons for the ground being brown? **Bull. Ent. Res.** 99:603–609.
- DESOUZA, O., SCHOEREDER, J., BROWN, V. & BIERREGAARD JR., R. 2001. A theoretical overview of the processes determining species richness in forest fragments. *In: Lessons from Amazonia: the ecology and conservation of a fragmented forest* (Bierregaard JR, R., and S Lovejoy, R Mesquita, C Gascon, eds.). Yale University Press: New York. p.111-121.
- DESOUZA, O.F.F. & BROWN, V.K. 1994. Effects of habitat fragmentation on Amazonian termite communities. **J. Trop. Ecol.** 10:197–206.
- DONOVAN, S., EGGLETON, P. & BIGNELL, D.E. 2001. Gut content analysis and a new feeding group classification termites. **Ecol. Ent.** 26:356-366.
- EGGLETON, P., BIGNELL, D.E., SANDS, W.A., WAITE, B., WOOD, T.G. & LAWTON, J.H. 1995. The species richness of termites (Isoptera) under differing levels of forest disturbance in the Mbalmayo Forest Reserve, southern Cameroon. **J. Trop. Ecol.** 11:85–98.
- ESCHENBRENNER, V. 1986. Contribution des termites à la micro-agrégation des sols tropicaux, Cah. ORSTOM. **Pédol.** 4:397-408.

- FERRAZ, G., NICHOLS, J.D., HINES, J.E., STOUFFER, P.C., BIERREGAARD JR, R.O. & LOVEJOY, T.E. 2007. A Large-Scale Deforestation Experiment: Effects of Patch Area and Isolation on Amazon Birds. **Science** 315:238-241.
- FRANÇA, J., ANDRADE, C., FONTENELE, A.C., SANTOS, R.C., RIBEIRO, A. & CALLISTO, M. 2010. Atividades de educação ambiental com comunidades do entorno do RVS Mata do Junco, Capela, SE. **III Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe**.
- FREITAS, A.V.L., LEAL, I.R., UEHARA-PRADO, M. & IANNUZZI, L. 2006. Insetos como indicadores de conservação da paisagem. In: **Biologia da conservação: essências**. (C.F.D. Rocha, H.G. Bergallo, M. Van Sluys & M.A.S. Alves, ed.). RiMa Editora, São Carlos, cap.15, p.357-384.
- GABIALTI, C.D.S. 2004. **Determinantes da riqueza de espécies de cupins (Insecta: Isoptera)**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa.
- GATHORNE-HARDY, F.J., JONES, D.T. & SYAUKANI. 2002. A regional perspective on the effects of human disturbance on the termites of Sundaland. **Biodivers. Conserv.** 11:1991-2006.
- GILBERT, K.A. & SETZ, E.Z.F. 2001. Primates in a fragmented landscape: six species in central Amazonia. In: **Lessons from Amazonia: ecology and conservation of a fragmented forest** (R.O. Bierregaard, C. Gascon, T.E. Lovejoy & R. Mesquita ,eds.). Yale University Press, New Haven, Connecticut, p.262-270.
- GIRÃO, L.C., LOPES, A.V., TABARELLI, M., BRUNA E.M. 2007. Changes in tree reproductive traits reduce functional diversity in a fragmented Atlantic Forest landscape. **Plos One**. 2 p.e908.
- JONES, D.T. & EGGLETON, P. 2000. Sampling termite assemblages in tropical forests: testing a rapid biodiversity assessment protocol. **J. Appl. Ecol.** 37:191–203.

- JOUQUET, P., BOULAIN, N., GIGNOUX, J. & LEPAGE, M. 2004. Association between subterranean termites and grasses in a West African savanna: spatial pattern analysis shows a significant role for *Odontotermes n. pauperans*. **Appl. Soil Ecol.** 27:99-107.
- JOUQUET, P., DAUBER, J., LAGERLOF, J., LAVELLE, P. & LEPAGE, M. 2006. Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops. **Appl. Soil Ecol.** 32:153-164.
- JOUQUET, P., TAVERNIER, V., RUGOLINO, L., ABBADIE, L. & LEPAGE, M. 2005. Nests of subterranean fungus-growing termites (Isoptera, Macrotermitinae) as nutrient patches in savannah ecosystems. **Afr. J. Ecol.** 43:191-196.
- JOUQUET, P., THAORÉ, S., CHOOSAI, C., HARTMANN, C. & BIGNELL, D. 2011. Influence of termites on ecosystem functioning. Ecosystem services provided by termites. **Euro. J. Soil Biol.** 47:215-222.
- KLEIN, B.C. 1989. Effects of Forest Fragmentation on Dung and Carrion Beetle Communities in Central Amazonia. **Ecology** 70:1715-1725.
- LAURANCE, W.F. & VASCONCELOS, H.L. 2009. Consequências ecológicas da fragmentação florestal na Amazônia. **Oecol. Bras.** 13:434-451.
- LEAL, I.R., FILGUEIRAS, B.K.C., GOMES, J.P., IANNUZZI, L. & ANDERSEN, A.N. 2012. Effects of habitat fragmentation on ant richness and functional composition in Brazilian Atlantic forest. **Biodivers. Conserv.** 21:1687–1701.
- LEE, K.E. & WOOD, T.G. 1971. **Termites and soil**. London, Academic. 251p.
- LIMA, J.T. & COSTA-LEONARDO, A.M. 2002. Recursos alimentares utilizados pelos cupins (Insecta: Isoptera). **Biot. Neotrop.** 7:243-250.
- LIMA, M.M., GONÇALVES, T.T., DESOUSA, O. & REIS-JR., R. 2006. Nesting site selection by *Coptotermes gestroi* (Insecta: Isoptera). **Sociobiology.** 84:681-688.

- LOVEJOY, T.E., BIERREGAARD, R.O., RYLANDS, A.B., MALCOLM, J.R., QUINTELA, C., HARPER, L., BROWN, K., POWELL, A., POWELL, G., SCHUBART, H. & HAYS, M. 1986. Edge and other effects of isolation on Amazon forest fragments. In: **Conservation Biology: The Science of Scarcity and Diversity** (Soulé, M.E, ed.). Sinauer, Sunderland, Massachusetts, p.257–285.
- MACARTHUR, R.O. & WILSON, E.O. 1967. **The theory of island biogeography**. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 203p.
- MATHEWS, A.G.A. 1977. **Studies on termites from the Mato Grosso State, Brazil**. Rio de Janeiro, RJ: Academia Brasileira de Ciências. 267p.
- MORATO, S.A.A., LIMA, A.M.X., STAUT, D.C.P., FARIA, R.G., SOUZA-ALVES, J.P., GOUVEIA, S.F., SCUPINO, M.R.C., GOMES, R., SILVA, M.J. 2011. Herpetofauna of Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco, Sergipe, Brazil. **ChekList** 7:756-762.
- MOREIRA, M.A., FENOLIO, D.B.; SILVA, H.L.R.; SILVA JR, N.J. 2009. A preliminary list of the herpetofauna from termite mounds of the cerrado in the upper Tocantins river valley. **Pap. Avulsos Zool.** 49:183-189.
- MYERS, N., MITTERMEIER, R.A., FONSECA, G.A.B. & KENT, J. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature** 403:853-858.
- PARDINI, R. 2004. Effects of forest fragmentation on small mammals in an Atlantic Forest landscape. **Biodivers. Conserv.** 13:2567–2586.
- PRADO, C. 1976. **História econômica do Brasil**. 37^a ed. São Paulo: Brasiliense.
- R Development Core Team. 2012. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RANTA, P., BLOM, T., NIEMELAË, J., JOENSUU, E. & SIITONEN, M. 1998. The fragmented Atlantic rain forest of Brazil: size, shape and distribution of forest fragments. **Biodivers. Conserv.** 7:385-403.

- REIS, Y.T. & CANCELLO, E.M. 2007. Riqueza de cupins (Insecta, Isoptera) em áreas de Mata Atlântica primária e secundária do sudeste da Bahia. **Iheringia**, Série Zoologia 97:229-234.
- ROISIN, Y. & LEPONCE, M. 2004. Characterizing termite assemblages in fragmented forests: A test case in the Argentinian Chaco. **Aust. Ecol.** 29:637–646.
- SALES, M.J.D., MATOS, W.C., REIS, Y.T. & RIBEIRO, G.T. 2010. Frequência e riqueza de cupins em áreas de plantio de eucalipto no litoral norte da Bahia. **Pesq. Agropec. Bras.** 45:1351-1356.
- SANTOS, M.J.S., SOUZA, H.T.R. & SOUZA, R.M. 2007. Biomonitoramento através de indicadores ambientais abióticos - Mata do Junco (Capela-SE). **Sci. Plena** 3:142-151.
- SARCINELLI, T.S., SCHAEFER, C.E.G.R., LYNCH, L.S., ARATO, H.D., VIANA, J.H.M., FILHO, M.R.A. & GONÇALVES, T.T. 2009. Chemical, physical and micromorphological properties of termites mounds and adjacent soils along a toposequence in Zona da Mata, Minas Gerais State, Brazil. **Catena** 76:107-113.
- SCARIOT, A. 1998. Forest fragmentation: the effects on palm diversity in central Amazonia. **J. Ecol.** 87:66-76.
- SEMARH - Secretaria de Estado do Meio Ambiente e dos Recursos Hídricos de Sergipe. 2007. **Estudo para a criação do Refúgio de Vida Silvestre Mata do Junco**. Aracaju, Brasil.
- SILVA, J.M.C. & TABARELLI, M. 2000. The species impoverishment and the future flora of the Atlantic Forest of Northeast Brazil. **Nature** 404:72-74.
- SOUSA, M.C. 2003. Distribuição do guigó (*Callicebus coimbrai*) no Estado de Sergipe. **Neotrop. Prim.** 11:89-91.
- STRATFORD, J.A. & STOUFFER, P.C. 1999. Local extinctions of terrestrial insectivorous birds in a fragmented landscape near Manaus, Brazil. **Conserv. Biol.** 13:1416-1423.

- TABARELLI, M., PINTO, S.R. & LEAL, I.R. 2009. Floresta Atlântica Nordeste: Fragmentação, degeneração e perda de biodiversidade. **Cienc. Hoje** 44:36-41.
- TRANIELLO, J.F.A. & LEUTHOLD, R.H. 2000. Behavior and ecology of foraging in termites. In: **Termites: Evolution, sociality, Symbioses, Ecology** (ABE, T., BIGNELL, D.E. & HIGASHI, M., ed.). Kluwer Academic Publishers, p.141-168.
- VIANA, V.M. & PINHEIRO, L.A.F.V. 1998. Conservação da biodiversidade em fragmentos florestais. **Sér. Téc. IPEF** 12:25-42.
- VIANA Jr, A.B. Relação entre a diversidade de cupins e as alterações existentes em áreas de caatinga, Sergipe, Brasil. **Dissertação de Mestrado**. Universidade Federal de Sergipe. 2013.
- ZIMMERMAN, B.L. & BIERREGAARD, R.O. 1986. Relevance of the equilibrium theory of island biogeography and species-area relations to conservation with a case from Amazonia. **J. Biogeogr.** 13:133-143.
- WHITTAKER, R.H. 1960. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. **Ecol. Monogr.** 30:279-338.